

**NON-RADIOACTIVE DIELECTRIC BODY LINE**

Patent Number: JP11017412  
Publication date: 1999-01-22  
Inventor(s): KISHINO TETSUYA; OKAMURA TAKESHI  
Applicant(s):: KYOCERA CORP  
Requested Patent: ☐ JP11017412  
Application Number: JP19970168637 19970625  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01P3/16 ; C04B35/195 ; H01P5/02  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an easily-worked line with a high free degree by which the conversion of LSM mode electromagnetic wave into the LSE mode one is reduced so that a curved line part with a small radius in a wide usage frequency range is produced by constituting a dielectric strip of cordierite ceramics.

**SOLUTION:** A non-radioactive dielectric body line is constituted by holding the dielectric strip 2 between a pair of parallel planar conductor 1 at interval of  $\leq \lambda/2$ . The cordierite ceramics are used for the conductor strip, of which a dielectric constant is about 4.5-8. In this case, when the dielectric constant is  $\leq 4.5$ , the conversion of LSM mode electromagnetic wave into the LSE mode one is enlarged. When the dielectric constant is larger than 8, the width of the dielectric body strip is made to be thin at the time of usage in the frequency of  $\geq 50$  GHz so that a problem occurs in work precision and strength.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 7 4 1 2

(43) 公開日 平成11年(1999)1月22日

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 P 3/16

C 0 4 B 35/195

H 0 1 P 5/02 6 0 7

H 0 1 P 3/16

5/02 6 0 7

C 0 4 B 35/16 A

審査請求 未請求 請求項の数 3

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-168637

(22) 出願日 平成9年(1997)6月25日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72) 発明者 岸野 哲也

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者 岡村 健

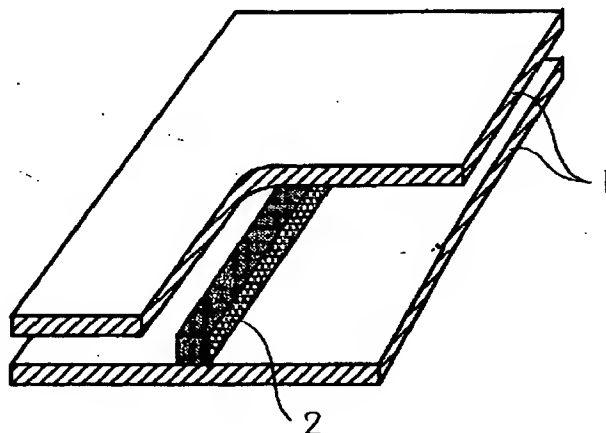
鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 非放射性誘電体線路

(57) 【要約】

【課題】 LSMモードの電磁波の LSEモードへの変換が少なく、従って小さい半径で、使用周波数範囲が広い曲線部を作製することができ、回路を小型化でき、しかも加工が容易で自由度の高い非放射性誘電体線路を提供する。

【解決手段】 使用周波数の波長 $\lambda$ に対して、間隔が $\lambda/2$ 以下である一対の平行平板導体1の間に誘電体ストリップ2を介装してなる非放射性誘電体線路において、誘電体ストリップ2がコーージェライト質セラミックからなるものである。

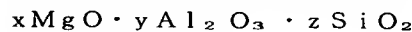


## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】使用周波数の波長 $\lambda$ に対して、間隔が $\lambda/2$ 以下である一対の平行平板導体の間に誘電体ストリップを介装してなる非放射性誘電体線路において、前記誘電体ストリップが、コーージェライト質セラミックスからなることを特徴とする非放射性誘電体線路。

【請求項 2】誘電体ストリップが、測定周波数 60 GHz での Q 値が 1000 以上のコーージェライト質セラミックスからなることを特徴とする請求項 1 記載の非放射性誘電体線路。

【請求項 3】誘電体ストリップが、金属元素として Mg、Al、Si からなる複合酸化物であって、各金属元素の酸化物によるモル比組成式を



と表したとき、前記 x、y、z が

$$10 \leq x \leq 40$$

$$10 \leq y \leq 40$$

$$20 \leq z \leq 80$$

$$x + y + z = 100$$

を満足する主成分中に、Yb を  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  換算で 0.1 ~ 15 重量% 含有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の非放射性誘電体線路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、非放射性誘電体線路に関し、例えば、ミリ波集積回路等に好適に使用される非放射性誘電体線路に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】図 1 は従来の非放射性誘電体線路の構成を示す図である。図 1 の非放射性誘電体線路は、使用周波数の波長 $\lambda$ に対して、間隔が $\lambda/2$ 以下である一対の平行平板導体 1 の間に直線状の誘電体ストリップ 2 を介装して構成されている。

【0003】このような非放射性誘電体線路では、平行平板導体 1 の間隔が使用周波数の波長 $\lambda$ の  $1/2$  以下のとき電磁波は遮断されて進入できないが、平行平板導体 1 の間に誘電体ストリップ 2 を介装すると、その誘電体ストリップ 2 に沿っては電磁波が伝搬でき、放射波は平行平板導体 1 の遮断効果によって抑制される。

【0004】この非放射性誘電体線路の電磁波伝搬モードとしては LSM モード、LSE モードの 2 種類があることが知られているが、損失の小さい LSM モードが一般的に使用されている。

【0005】このような非放射性誘電体線路では、図 2 に示すような曲線状の誘電体ストリップ 2 を使用することにより、電磁波を容易に曲げることができ、回路の小型化や自由度の高い回路設計ができるという利点を持っている。尚、図 1 および図 2 において、上側の平行平板導体 1 は説明上一部を切り欠いて示している。

【0006】従来、非放射性誘電体線路の誘電体ストリ

ップの材料としては、加工の容易性などの理由で、テフロン、ポリスチレンなど比誘電率 2 ~ 4 の樹脂材料が使われてきた。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来用いられてきたテフロン、ポリスチレンなど比誘電率 2 ~ 4 の誘電体を用いた誘電体ストリップで非放射性誘電体線路を構成すると、曲線部での曲げ損失や、導波路の接合部での損失が大きいという欠点を持っていた。

10 【0008】このため、急峻な曲線部を採用することができなかった。

【0009】また、ゆるやかな曲線部を採用した際も、その曲がり半径を精密に決定する必要があった。

【0010】さらに、小さい曲げ損失で使用できる周波数範囲が、例えば 60 GHz 付近では 1 ~ 2 GHz と十分ではなかった。これは比誘電率が 2 ~ 4 の誘電体を用いて非放射性誘電体線路を構成した場合、図 3 のように、上記の LSM モードと LSE モードの分散曲線が、 $\beta/\beta_0 = 0$  のとき 3 GHz 程度と非常に近いため、LSM モードの電磁波の 1 部が LSE モードに変換されてしまうためであった。

【0011】また、誘電体ストリップの材料としてアルミナなど比誘電率が 10 程度のセラミックを用いたものも存在しているが、50 GHz 以上の高周波で使用するためには、誘電体ストリップの幅を非常に細くしなければならず、加工、実装上現実的ではない。

【0012】本発明は、LSM モードの電磁波の LSE モードへの変換が少なく、従って小さい半径で、使用周波数範囲が広い曲線部を作製することができ、回路を小型化でき、しかも加工が容易で自由度の高い非放射性誘電体線路を提供することを目的とする。

## 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の非放射性誘電体線路は、使用周波数の波長 $\lambda$ に対して、間隔が $\lambda/2$ 以下である平行平板導体の間に誘電体ストリップを介装してなる非放射性誘電体線路において、前記誘電体ストリップが、コーージェライト質セラミックスからなるものである。誘電体ストリップが、測定周波数 60 GHz での Q 値が 1000 以上のコーージェライト質セラミックスからなることが望ましい。

【0014】さらに、誘電体ストリップは、金属元素として Mg、Al、Si からなる複合酸化物であって、各金属元素の酸化物によるモル比組成式を、 $x\text{MgO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$  と表したとき、前記 x、y、z が、 $10 \leq x \leq 40$ 、 $10 \leq y \leq 40$ 、 $20 \leq z \leq 80$ 、 $x + y + z = 100$  を満足する主成分中に、Yb を  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  換算で 0.1 ~ 15 重量% 含有することが望ましい。

## 【0015】

【作用】本発明の非放射性誘電体導波路は、誘電体スト

リップを、コーセラライト質セラミックスにより構成したので、比誘電率が、テフロンなどの樹脂材料よりも高く、アルミナよりも低い、4.5～8程度となり、LSMモードの電磁波のLSEモードへの変換を少なくすることができる。

【0016】また、使用周波数(60GHz)でのQ値が1000以上のコーセラライト質セラミックスを用いることにより、伝送損失が少なく、かつ安価で高精度に誘電体ストリップを作製することができる。

【0017】さらに、誘電体ストリップの比誘電率がテフロンなどの樹脂材料と比して高いので、これらの樹脂材料を用いて、例えば、誘電体ストリップの支持用治具や回路基板などを作製し、誘電体ストリップ近傍に配置しても、その影響を受けにくくなる。このようにして、より自由度が高く、小型で安価な非放射型誘電体線路を構成することができる。

【0018】そして、誘電体ストリップのコーセラライト質セラミックスとして、上記した組成物を用いることにより、焼成温度等の焼成条件を厳密に制御して得られた特性を大きく劣化させることなく、焼成条件を改善することができる。即ち、比誘電率が4.5～6、測定周波数60GHzでのQ値が1000以上の低誘電率の特性を得ることができるとともに、例えば、焼成温度幅が10℃程度であったものを100℃程度まで向上することができ、製造を容易にし、量産性を向上することができる。

【0019】本発明の非放射型誘電体線路は、50GHz以上の高周波で使用される場合に好適に用いられる。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の非放射型誘電体線路は、図1で示したように、使用周波数の波長λに対して、間隔がλ/2以下である一対の平行平板導体1の間に誘電体ストリップ2を介装して構成されている。

【0021】誘電体ストリップとして、コーセラライト質セラミックスを用いる。このコーセラライト質セラミックスは、比誘電率が4.5～8程度である。このような比誘電率を有するコーセラライト質セラミックスを用いたのは、比誘電率が4.5以下だと、上記したようなLSMモードの電磁波のLSEモードへの変換が大きくなるからであり、比誘電率が8よりも大きくなると、50GHz以上の周波数で使用する際、誘電体ストリップの幅を細くしなければならず、加工精度や強度の面で問題が生じるからである。

【0022】また、誘電体ストリップとしては、周波数60GHzでのQ値が1000以上が望ましいが、これは、近年におけるマイクロ波、ミリ波帯で使用される伝送線路として十分対応することができる低損失性を有するからである。

【0023】そして、誘電体ストリップとしては、上記したように、 $x\text{MgO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$  で表

される主成分中にYbを $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 換算で0.1～15重量%含有したコーセラライト質セラミックスを用いることが望ましい。

【0024】具体的には、誘電体ストリップは、金属元素としてMg、Al、Siからなる複合酸化物であって、各金属元素の酸化物によるモル比組成式を、 $x\text{MgO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$ と表したとき、前記x、y、zが、 $10 \leq x \leq 40$ 、 $10 \leq y \leq 40$ 、 $20 \leq z \leq 80$ 、 $x + y + z = 100$ を満足する主成分中に、Ybを $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 換算で0.1～15重量%含有するものである。

【0025】本発明の線路用コーセラライト質セラミックスは、モル比の組成式を $x\text{MgO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$ と表した時に、x、y、zが、 $10 \leq x \leq 40$ 、 $10 \leq y \leq 40$ 、 $20 \leq z \leq 80$ 、 $x + y + z = 100$ を満足するものを主成分とする。このように主成分組成を限定したのは、次の理由による。即ち、MgOのモル百分率を示すxを10～40モル%としたのは10モル%未満では良好な焼結体が得られずQ値が低く、また40モル%を越えると比誘電率が高くなるからである。特にMgO量を示すxは、60GHzでのQ値を2000以上とするという点から15～35モル%が望ましい。

【0026】また、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ のモル百分率を示すyを10～40モル%としたのは $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量yが10モル%よりも小さい場合には、良好な焼結体が得られず、またQ値が低くなり、40モル%を越えると比誘電率が高くなるからである。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量を示すyは、60GHzでのQ値をQ値を2000以上とするという点から17～35モル%が望ましい。

【0027】 $\text{SiO}_2$ のモル百分率zを20～80モル%としたのは、zが20モル%よりも小さい場合には比誘電率が大きくなり、80モル%を越えると良好な焼結体が得られずQ値が低くなる。 $\text{SiO}_2$ 量を示すzは、60GHzでのQ値を2000以上とするという点から30～65モル%が望ましい。

【0028】本発明によれば、上記主成分に対してYbを $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 換算で0.1～15重量%含有するものである。Ybを $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 換算で0.1～15重量%含有したのは、Ybの含有量が0.1重量%より少ない場合、緻密化焼成温度は広くならないため量産が困難であり、15重量%より多い場合は、誘電損失が大きくなり、Q値が低くなるためである。Ybの含有量を増加させるほど緻密化焼成温度は広がるが、一方比誘電率が増加し、またQ値が低下していくため、これらの特性と緻密化焼成温度との兼ね合いでYbの含有量を決定することが望ましい。

【0029】コーセラライト質セラミックスの60GHzでのQ値を2000以上とするためには $15 \leq x \leq 35$ 、 $17 \leq y \leq 35$ 、 $30 \leq z \leq 65$ を満足することが

望ましく、さらに、Q値を2500以上とするためには  $20 \leq x \leq 30$ 、 $17 \leq y \leq 30$ 、 $40 \leq z \leq 60$  を満足することが望ましい。本発明では、特に、コージェライトの組成、即ち  $x=22$ 、 $y=22$ 、 $z=55$ 、6でYbを $Yb_2O_3$ 換算で0.1~10重量%含有することが望ましい。

【0030】上記のコージェライト質セラミックスでは、主結晶相がコージェライトであり、他に結晶相として、ムライト、スピネル、プロトエンスタタイト、クリノエンスタタイト、クリストパライト、フォルステライト、トリジマイト、サファリン、 $Yb_2Si_2O_7$  等が析出する場合があるが、組成によってその析出相が異なる。

【0031】このようなコージェライト質セラミックスは、原料粉末として、例えば、 $MgCO_3$  粉末、 $Al_2O_3$  粉末、 $SiO_2$  粉末、 $Yb_2O_3$  粉末を用い、所定の割合で秤量し、湿式混合した後乾燥し、この混合物を大気中1100~1300℃で仮焼した後、粉碎する。得られた粉末に適量のバインダを加えて成形し、この成形体を大気中1200~1550℃で焼成することにより得られる。

【0032】Mg、Al、Si、Ybの金属元素からなる原料粉末は、それぞれ酸化物、炭酸塩、酢酸塩等の無機化合物、もしくは有機金属等の有機化合物のいずれであっても、焼成により酸化物として形成されるものであれば良い。

【0033】尚、本発明の誘電体ストリップは、金属元素として、Mg、Al、Si、Ybからなるものが望ましいが、例えば、粉碎ボールや原料粉末の不純物としてCa、Ba、Zr、Ni、Fe、Cr、P、Na、Ti 30

等が混入する場合がある。

【0034】

【実施例】先ず、誘電体ストリップとして用いるコージェライト質セラミックスを作製した。

【0035】原料粉末として純度99%の $MgCO_3$ 、純度99.7%の $Al_2O_3$ 、純度99.4%の $SiO_2$  粉末、純度99.9%の $Yb_2O_3$  を用い、これらを焼結体が表1に示す組成となるように秤量し、15時間湿式混合した後、乾燥し、この混合物を大気中で1200℃2時間仮焼した後、粉碎した。得られた粉末に適量のバインダを加えて造粒し、これを1000kg/cm<sup>2</sup>の圧力の下で成形して直径12mm厚さ8mmの成形体を得た。この成形体を大気中1200~1550℃で2時間焼成して磁器を作製し、これらを研摩し、直径5mm厚さ2.25mmの誘電体磁器試料を得た。

【0036】これらの試料を用いて誘電体円柱共振器法にて周波数60GHzにおける比誘電率とQ値を測定し、その結果を表1に示す。

【0037】また、セラミック板からの削り出しで半径3.9mmの90°の曲線部を有する誘電体ストリップを作製し、これらの誘電体ストリップと、平行平板導体として表面を鏡面加工した銅板を用いて図2に示すような非放射性誘電体線路を形成し、比誘電率と誘電体ストリップの形状により決定されるLSMモードとLSEモードの分散特性において2つのモードの分散曲線が $\beta/\beta_0=0$ でどの程度離れているかについて求めた( $\beta$ は誘電体ストリップ中での伝搬定数、 $\beta_0$ は真空中での伝搬定数)。その結果も表1に記載する。

【0038】

【表1】

試料 No.	組成 (モル%)			添加物 Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 換算 (wt%)	比誘 電率 ε <sub>r</sub>	Q 値 60GHz	焼成温度 ℃	LSM, LS E 差 の 差 GHz
	MgO x	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y	SiO <sub>2</sub> z					
1	5.0	55.0	40.0	10.0	6.8	520	1450 ~1550	15
2	10.0	10.0	80.0	10.0	4.8	1400	1350 ~1450	13
3	10.0	30.0	60.0	15.0	5.8	1820	1250 ~1350	14
4	10.0	40.0	50.0	0.1	5.8	1850	1400 ~1445	14
5	15.0	35.0	50.0	5.0	5.6	2121	1350 ~1445	14
6	17.5	17.5	65.0	5.0	4.8	2040	1300 ~1400	13
7	20.0	40.0	40.0	20.0	6.6	860	1300 ~1370	15
8	22.2	22.2	55.6	—	4.7	2810	1435 ~1445	13
9	22.2	22.2	55.6	0.1	4.8	2910	1425 ~1440	13
10	22.2	22.2	55.6	1.0	4.9	2670	1360 ~1420	13
11	22.2	22.2	55.6	5.0	4.8	2750	1330 ~1400	13
12	22.2	22.2	55.6	10.0	5.0	3010	1330 ~1370	13
13	22.2	22.2	55.6	15.0	5.4	2100	1330 ~1400	14
14	22.2	22.2	55.6	20.0	5.6	640	1300 ~1350	14
15	25.0	17.0	58.0	10.0	5.1	2490	1250 ~1350	13
16	25.0	27.0	48.0	10.0	5.6	2770	1250 ~1350	14
17	25.5	30.0	44.5	10.0	5.8	2120	1250 ~1350	14
18	30.0	10.0	60.0	5.0	5.2	1500	1250 ~1350	13
19	30.0	30.0	40.0	5.0	5.6	2500	1300 ~1400	14
20	35.0	20.0	45.0	10.0	6.0	2060	1250 ~1350	14
21	35.0	35.0	30.0	0.1	5.8	2080	1370 ~1445	14
22	40.0	10.0	50.0	10.0	5.8	1990	1250 ~1350	14
23	40.0	20.0	40.0	20.0	6.9	510	1200 ~1300	14
24	40.0	40.0	20.0	10.0	6.0	1470	1280 ~1380	14
25	40.0	50.0	10.0	5.0	7.9	520	1350 ~1400	15
26	58.0	10.0	32.0	5.0	7.5	1250	1200 ~1250	15

【0039】表1によれば、本発明のコージュライト質セラミックスは、比誘電率が4.7～7.9であり、しかも測定周波数60GHzでのQ値が、510以上、特に、1000以上と高い値を示すことがわかる。また、焼成温度の範囲もYb含有量が増加するに従って拡大していることが判る。

【0040】さらに、LSMモードとLSEモードの分散特性において、2つのモードの分散曲線が $\beta/\beta_0 = 0$ で13GHz以上離れていることが判る。

【0041】次に、表1の試料No. 12の試料を用いた非放射性誘電体線路の伝送損失の周波数依存性を図4に示す。半径3.9mmという急峻な曲線部で、数GHzの周波数範囲にわたって挿入損失が1dB以下となっている。また、図5に、この誘電体ストリップを使用したときのLSMモードとLSEモードの分散特性を示す。テフロンを用いた場合(図3)と比べて、2つのモードの分散曲線が、 $\beta/\beta_0 = 0$ で13GHzと大きく離れていることが判る。このため、LSMモードとLSEモードの結合が起きにくく、このような急峻な曲線部を作製することができるのである。

#### 【0042】

【発明の効果】本発明の非放射性誘電体線路では、LSMモードの電磁波のLSEモードへの変換を少なくすることができ、急峻な曲線部やその他の部品を小型化できる。また、伝送損失が少なく、かつ安価で高精度な誘電体ストリップを用いた非放射性誘電体線路を作製することができる。さらに、例えば、樹脂材料で誘電体ストリップの支持用治具や回路基板などを作製し、誘電体ストリップ近傍に配置しても、その影響を受けにくくなる。このようにして、より自由度が高く、小型で安価な非放射性誘電体線路を構成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】一般的な非放射性誘電体線路の構成を示す斜視図である。

【図2】一般的な非放射性誘電体線路の曲線部の構成を示す斜視図である。

【図3】比誘電率2.1の誘電体を誘電体ストリップとした非放射性誘電体線路の分散関係を表す図である。

【図4】試料No. 12のコーデュライト質セラミックスを誘電体ストリップとした非放射性誘電体線路の曲線

部の伝送損失の周波数依存性を示す図である。

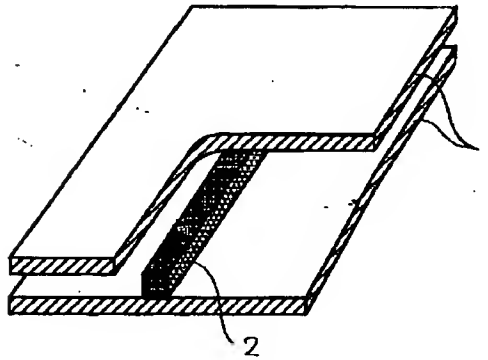
【図5】 試料No. 12のコーディライト質セラミックスを誘電体ストリップとした非放射性誘電体線路の分散関係を表す図である。

【符号の説明】

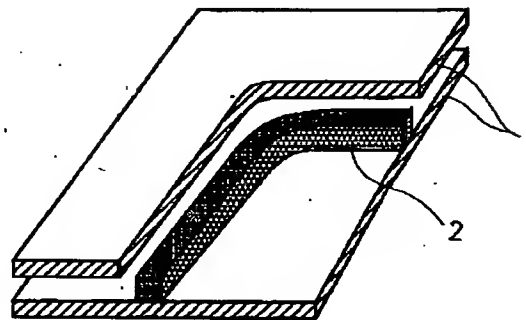
1・・・平行平板導体

2・・・誘電体ストリップ

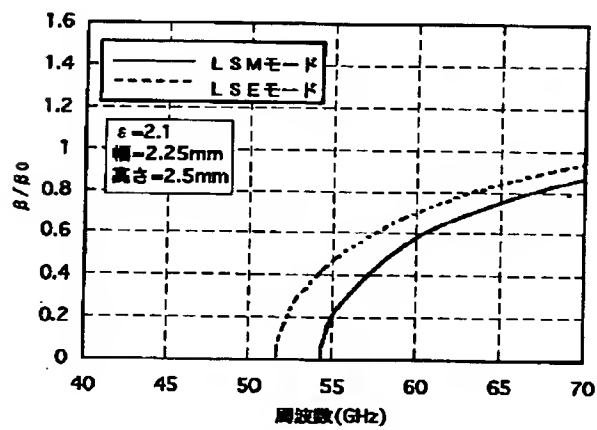
【図1】



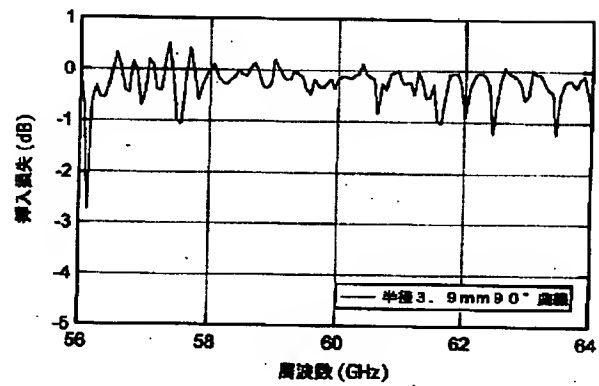
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

